E/CONF.39/A/187
27 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A. 4. 3. 2

España

EL DESARROLLO DE LA ENERGIA NUCLEAR EN ESPAÑA COMO EJEMPLO DE PAIS EN PROCESO DE INDUSTRIALIZACION

Por Francisco PASCUAL,
Secretario General Técnico
de la Junta de Energía Nuclear,
Madrid, España

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidds por ia Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

EL DESARROLLO DE LA ENERGIA NUCLEAR EN ESPAÑA COMO EJEMPLO DE PAIS EN PROCESO DE INDUSTRIALIZACION.

Por D. Francisco Pascual, Secretario General Técnico de la Junta de Energía Nuclear. Madrid. España.

1.- España inició sus trabajos nucleares en el verano de 1948 mediante la creación de una primera comisión de estudios. Los objetivos fundamentales de dicha comisión eran los siguientes:

a) Formación de personal en el campo de las técnicas nucleares.
b) Extracción de pequeñas cantidades de minerales de uranio de yacimientos ya conocidos y prospección de algunas zonas del territorio nacional.
c) Estudio del tratamiento de estos minerales y metalurgia del uranio.

2.- Nuestro país se encontraba en aquellos momentos en los comienzos de un proceso de industrialización, proceso que se ha intensificado en los últimos años. Por consiguiente, es lógico que la aparición de la energía nuclear, comienzo de la segunda revolución industrial, despertase el interés de nuestras autoridades, pretendiendo, dentro de lo posible, no quedar retrasados en esta nueva técnica.

3.- Los trabajos iniciales tropezaron, como es lógico, con grandes dificultades. Por una parte, España partía prácticamente a cero en esta nueva técnica y, por otra, de todos es bien conocida la política de secreto que mantenían entonces todos los países del mundo. Sin embargo, durante el período comprendido entre 1948 y 1951 se realizaron una serie de visitas y estancias en laboratorios de Italia, Suiza, Estados Unidos y Reino Unido, principalmente en lo que se refiere a la formación de nuestro personal en el campo de la física nuclear.

4.- Por otra parte, se conocían algunos pequeños yacimientos de uranio (Sierra Albarrana) descubiertos en 1939 que daban un mineral muy rico pero de costosa explotación. Estos minerales sirvieron para que nuestros químicos y metalúrgicos estudiaran la química del uranio y su metalurgia y pudieron obtenerse durante el período algunos kgs de sales de uranio nuclearmente puras.

5.- Estos éxitos iniciales animaron al Gobierno a transformar la comisión de estudios, creada inicialmente, en una nueva Organización con medios más amplios. Dicha Organización fué la actual Junta de Energía Nuclear, creada en Octubre de 1951 y que sigue siendo, con ligeras variaciones desde dicha fecha, el órgano técnico del Gobierno en todas las cuestiones relacionadas con la energía nuclear.

6.- La FIGURA I representa la organización actual de la Junta de Energía Nuclear. Existe un Presidente, nombrado por el Gobierno, y un Consejo cuyos miembros son designados por el Ministro de Industria, aunque tres de ellos a propuesta de los de Hacienda, Gobernación (Sanidad) y Comercio. El Presidente cuenta con las cuatro Comisiones Asesoras siguientes: Reactores Industriales, Equipo Industrial, Medicina y Biología Animal y, finalmente, Biología Vegetal y Aplicaciones Industriales de los Isótopos. Al mismo tiempo existe una Comisión de Enlace con el Alto Estado Mayor.

7.- Las funciones ejecutivas corresponden a un Director General que cuenta con un Director General Adjunto que se ocupa de las Relaciones Internacionales, Relaciones públicas e investigación extramural y una Secretaría General Técnica que además de servirle de Gabinete Técnico al Presidente tiene otras funciones específicas como Obras Civiles, Servicio de Salvaguardia de Reactores, etc. Por otro lado sirve de enlace entre las distintas Direcciones. Estas son cinco: Dirección de Geología y Minería; Dirección de Plantas Piloto y Plantas Industriales; Dirección de Química e Isótopos; Dirección de Física y Cálculo de Reactores y Dirección Administrativa. Una División de Ingeniería y la Sección de Medicina y Protección completan la organización de la Junta.

8.- Por otra parte la FIGURA II presenta un gráfico del crecimiento del personal hasta el 31 de Diciembre de 1961 así como el desarrollo de dicho crecimiento.

9.- Desde su creación hasta los momentos actuales, la Junta de Energía Nuclear ha encaminado el programa nuclear español a fomentar la creación de una industria nuclear mediante la busca de materias primas, desarrollo de las técnicas españolas en el campo nuclear y formación de personal en este nuevo campo. Dicho programa podemos descomponerlo en las siguientes partes:

a) Materias primas.
b) Tecnología de los combustibles.
c) Desarrollo de proyectos de reactores nucleares.
d) Fabricación de equipos nucleares.
e) Producción y utilización de isótopos.
f) Formación de técnicos.

y vamos a ir examinando estos puntos del programa.

10.- La existencia en España de minerales radiactivos ha sido un factor fundamental en la iniciación del programa nuclear español y en sus características definiendo una línea de acción que va desde la prospección del uranio hasta la fabricación de los elementos combustibles. Nuestro objetivo ha sido utilizar estos recursos naturales mediante una técnica española reduciendo al mínimo las necesidades exteriores, tanto por lo que se refiere a divisas como a ayuda técnica, cuando llegue el momento de fabricar las cargas de elementos combustibles de las centrales nucleares generadoras de energía eléctrica.

11.- Los trabajos de prospección e investigación minera, iniciados ya en 1948, han permitido contar, en los momentos actuales, con unas reservas totales de unas 3.000 toneladas de U_3O_8 conteni-

das en los minerales de uranio cubicados, cuando solamente se ha prospectado un 40% de las zonas geológicamente favorables. Los yacimientos de uranio, con contenidos que oscilan del 0,1 al 1% de U_3O_8 están localizados en las provincias de Cáceres, Salamanca, Córdoba y Jaén principalmente.

12.- El bajo contenido de uranio en los minerales hace que, como sucede en otros países, no sea económico su transporte, y haya que concentrarlo. Por tanto, el segundo paso en esta línea era desarrollar los métodos de tratamiento. Para ello después de estudios de laboratorio se monta en el Centro Nacional de Energía Nuclear "Juan Vigón", cerca de Madrid, una planta-piloto química con una gran flexibilidad y dotada de todos los elementos necesarios para poder efectuar estudios empleando los métodos más modernos de tratamiento de minerales.

13.- Los estudios realizados en esta planta piloto nos suministraron los conocimientos técnicos necesarios para el proyecto y construcción en Andújar (Jaén), con técnica española, de una fábrica de tratamiento de minerales de uranio con una capacidad de 60.000 toneladas de mineral al año, con un contenido medio del 0,1 al 0,15% de U_3O_8. Trata fundamentalmente los minerales de la región (provincias de Córdoba y Jaén) y produce 60-70 toneladas de U_3O_8 en forma de concentrados.

14.- Continuando en la línea del mineral de uranio al elemento combustible, se ha instalado una planta piloto de purificación mediante extracción con disolventes. La experiencia obtenida permite una extrapolación segura a la escala que sea necesario en el desarrollo industrial. Una instalación de producción de UO_2, con una capacidad de 20 toneladas/año, y una planta piloto de sinterización permite la obtención de pastillas de UO_2.

15.- La producción de uranio metal requiere el paso por el UF_4 para cuya producción se sigue, dentro de la Planta Piloto Metalúrgica, una técnica de fluoruración en fase sólida con una capacidad de producción de 10 t/año. En fase de laboratorio se estudian otros procesos de fluoruración directa con HF (en bandejas y lecho fluidizado) y la fluoruración directa del uranato amónico, con reducción y fluoruración simultánea, mediante bifluoruro amónico en fase de vapor. La fase final de reducción del fluoruro se realiza, hasta los momentos actuales, con calcio, habiéndose estudiado también, en pequeña escala la reducción con magnesio.

16.- Otro combustible en estudio es el monocarburo de uranio, programa relacionado con el de un reactor del que hablaremos más adelante. Se están desarrollando diversas técnicas para la producción: reacción del uranio metálico con grafito y reducción del UO_2 también con grafito. Los productos obtenidos se funden posteriormente en horno de fusión por arco para obtener las barras necesarias.

17.- Dentro de la filosofía general del programa, se ha considerado también interesante obtener experiencia con uranio enriquecido. Dicha experiencia se ha obtenido mediante preparación del combustible para dos reactores de investigación destinados a las Escuelas de Ingenieros Industriales de Barcelona y Bilbao. Se ha partido del UF_6 con un enriquecimiento del 20%, suministrado por la Comisión de Energía Atómica americana y se ha realizado la conversión de dicho UF_6 en U_3O_8 en instalaciones proyectadas y construídas en nuestro

país. El proceso seguido ha sido hidrolisis, precipitación del uranato amónico y calcinación final.

18.- Preparado el combustible, la fase final de esta línea de desarrollo la constituye la fabricación de los elementos combustibles. Esta fase se encuentra todavía en período inicial de desarrollo. Se ha preparado un tipo sencillo de elemento combustible de uranio natural metálico con vaina de aluminio, destinado a un reactor subcrítico. Se han preparado también elementos combustibles de UO_2 sinterizado y se están preparando de carburo de uranio, con vaina de aluminio en ambos casos, con destino a una experiencia exponencial. Finalmente, se han fabricado las placas y elementos combustibles de los reactores de investigación de los que hemos hablado anteriormente. La fabricación de estas placas ha sido llevada a cabo por laminación de los sandwiches de U_3O_8 y polvo de aluminio obtenidos por la técnica de encuadre.

19.- En la actualidad se continuan los estudios y el desarrollo encaminados a la fabricación de elementos combustibles más elaborados. Se trabaja en la técnica de producción de barras de uranio metálico por colada y extrusión en caliente, estudio de materiales de envainado (aluminio, magnesio y sus aleaciones) métodos de soldadura, detección de fugas, etc. El objetivo es poder prepararse, con la ayuda técnica exterior que sea necesaria, para la producción de elementos combustibles, tanto de uranio natural para reactores grafito-gas, como de carburo de uranio, con envuelta de material SAP, para el proyecto DON, del que hablaremos más adelante, sin olvidar los elementos combustibles de uranio enriquecido.

20.- La segunda línea fundamental del programa la constituye el desarrollo del proyecto de reactores nucleares. Después de algunos estudios previos, realizados con anterioridad a 1955, se instaló en el Centro "Juan Vigón" un reactor experimental tipo piscina de 3.000 kw de potencia. De este reactor se importaron los elementos fundamentales y se construyó el resto en nuestro país. Fué crítico en Octubre de 1958 y, actualmente, se emplea para estudios en el campo de la física nuclear, irradiación de materiales y producción de isótopos.

21.- El segundo paso en la línea de desarrollo de los reactores nucleares lo constituyó la construcción en nuestras instalaciones del Centro "Juan Vigón", de dos reactores de investigación tipo Argonaut, con destino a las Escuelas de Ingenieros Industriales de Barcelona y Bilbao. Dichos reactores se realizaron según el proyecto original del laboratorio de Argonne, con algunas modificaciones, principalmente en lo que se refiere a la instrumentación, con objeto de aumentar aún más la seguridad de su funcionamiento. Dichos reactores se realizaron casi totalmente en España, importando únicamente el grafito nuclear en bruto y algunos componentes electrónicos que no se fabrican en nuestro país. Ambos reactores fueron críticos, en su emplazamiento definitivo, en el verano de 1962 y se encuentran actualmente en operación normal.

22.- En el campo de los reactores generadores de energía, España está desarrollando el proyecto DON, reactor prototipo de 30 MWe moderado por agua pesada y refrigerado por un líquido orgánico. La elección de este tipo de reactor se hizo en los comienzos de 1958 por considerarle el más conveniente para llenar las necesidades españolas. Se han realizado una serie de estudios y en la actualidad

se realiza, en colaboración con una empresa americana, el diseño general de la parte nuclear de la central. Al mismo tiempo en nuestras instalaciones de Madrid se realiza un programa de investigación y desarrollo que comprende: construcción de una experiencia exponencial, casi terminada; de una experiencia crítica, actualmente en fase de diseño; desarrollo de los elementos combustibles de carburo de uranio con envuelta de SAP; máquina de carga y descarga de combustible, desarrollo de barras de control, etc. Esta fase de trabajo se completará a final de 1964.

23.- El objetivo de este proyecto DON es desarrollar su tecnología, con objeto de llegar a la construcción de reactores de este tipo que permitan el empleo de uranio natural, en forma de carburo, como combustible, con grados de quemado elevados a fin de alcanzar una mayor utilización del combustible.

24.- Otra de las metas del programa nuclear español es la de crear una industria nuclear. Hemos hablado del desarrollo de la tecnología de los elementos combustibles que permitirá, cuando las necesidades así lo aconsejen, la creación de la industria de los combustibles nucleares. Al mismo tiempo se ha fomentado la construcción de equipo nuclear y también de aquel otro equipo que, no siendo específicamente nuclear, se emplea en instalaciones de este tipo.

25.- En el campo de la instrumentación y control de reactores y, en general, en la detección de radiaciones, se han realizado, en nuestros laboratorios de Electrónica, prototipos, y se han fabricado pequeñas series para cubrir principalmente nuestras necesidades. Estos prototipos podrán ser fabricados a escala industrial cuando el mercado existente así lo justifique económicamente. También, en colaboración con el Instituto del Hierro y del Acero e Instituto de la Soldadura se trabaja en la tecnología de las vasijas de presión de acero para reactores nucleares y, en colaboración con el Gabinete nuclear de Obras Públicas en el estudio de las vasijas de presión de hormigón pretensado. Finalmente, a través de la Comisión Asesora de Equipo Industrial, se procura crear una inquietud entre los fabricantes de equipo que se refleje en una mayor participación de la industria española en las tareas nucleares.

26.- Dentro del programa se ha concedido también importancia a la producción de isótopos radiactivos y al fomento de su utilización en los diversos campos. Actualmente España produce el 80% de sus necesidades. Su utilización se amplía cada día más. La máxima aplicación ha sido en el campo de la Medicina y, últimamente, en la Agricultura y en la Industria. Para fomentar su uso la Junta de Energía Nuclear realiza cursos sobre aplicaciones industriales y algunos hospitales y universidades en aplicaciones médicas, en investigación, etc.

27.- Naturalmente, aparte de estas líneas generales del desarrollo que son las fundamentales dentro del programa nuclear español, ha sido necesario complementarlo con otra serie de técnicas sin las cuales no podrían realizarse los trabajos que hemos indicado. En ese sentido, se ha trabajado, y se cuenta con pequeñas instalaciones, en la producción de otros materiales nucleares (agua pesada, grafito, etc.) y se han realizado trabajos de investigación,

fundamentalmente aplicada, en los campos de la Física Nuclear, la Química, la Radioquímica, la Ingeniería Química, la Metalurgia, etc.

28.- Ahora bien, es necesario recordar que nada de todo lo anterior podría haberse hecho si uno de los puntos fundamentales de todo el programa, iniciado como hemos dicho en 1948, no hubiese sido la formación de personal. Partiendo prácticamente de cero en el año 1948, en la actualidad España cuenta con más de 300 graduados superiores y más de 1000 técnicos medios que trabajan en la Junta de Energía Nuclear y en la Industria y que abarcan las más diversas especialidades dentro del campo nuclear. Esta cifra no es excesiva y requerirá incrementarse en el futuro, a medida que se vaya desarrollando la energía nuclear en nuestro país. Sin embargo, es una base que permitirá acometer, sin preocupaciones, la formación de los futuros técnicos.

29.- El camino seguido para la formación de este personal ha sido doble. Por una parte, cursos especializados, tanto en España como en el extranjero, y, por otra, la formación en el propio trabajo a las órdenes de especialistas acreditados. Inicialmente la formación de los que habían de ser cabezas de los diversos grupos se efectuó mediante estancias en países de tecnología nuclear más avanzada. En este aspecto es necesario rendir tributo a la colaboración prestada por Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Suiza e Italia, fundamentalmente. Alrededor de estos especialistas se crearon los grupos de trabajo que después habrían de desembocar en las actuales Divisiones y Secciones.

30.- En el campo de los reactores varió ligeramente el camino seguido. La apertura de cursos sobre el tema en establecimientos nucleares de diversos países permitió enviar jóvenes ingenieros que, después de realizados estos cursos, continuaron en muchos casos estancias para completar su formación y fueron también el germen de los diversos grupos de trabajo.

31.- Finalmente, con objeto de ampliar más el número de personal preparado se organizaron cursos en España en los que fueron formándose las generaciones jóvenes que hoy constituyen nuestros cuadros de especialistas y que la completaron mediante el trabajo en nuestras instalaciones. En los momentos actuales puede decirse que la formación completa de nuestro personal puede efectuarse en España y únicamente se envían al extranjero para realizar trabajos de investigación bien definidos y para problemas concretos.

32.- El esfuerzo realizado hasta ahora, y el que seguimos realizando, está justificado si consideramos que dentro de dos ó tres años ha de iniciarse en España la construcción de grandes centrales para contribuir al abastecimiento eléctrico.

33.- La producción total de energía eléctrica en España ha sido de 20.775 millones de kwh en 1961, de los cuales 15.925 millones corresponden a centrales hidráulicas y 4.850 millones a centrales térmicas. El incremento sobre las cifras de 1960 ha sido de 11,6%. Como la producción en 1954 fué de 10.367 millones de kwh corresponde a una duplicación en siete años.

34.- A la vista de esas cifras no parece aventurado suponer

que la producción de energía eléctrica alcanzará en España del orden de 41.000 millones de kwh en 1970 y los 60.000 millones en 1975. La capacidad hidráulica española es del orden de 40.000 millones de kwh en año seco y 48.000 millones en año hidráulico medio. De acuerdo con el informe "La Energía en España" (1) para el año 1975 estarán explotados unos 37.000 millones (para año hidráulico medio) de forma que las centrales térmicas en dicha fecha habrán de producir 23.000 millones de kwh, cifra que se elevará a 29.000 millones en el caso de un año seco.

35.- Ahora bien, España es un país de combustible caro. El combustible nacional, salvo excepciones, no es de muy buena calidad y su extracción es costosa lo que hace que en las centrales térmicas clásicas el coste del combustible oscile de 18 a 50 cts/kwh. Por otra parte, nuestros yacimientos de combustibles fósiles no son suficientes para la instalación de la potencia térmica necesaria y, por tanto, es preciso instalar centrales que quemen combustible importado (fuel-oil) al que corresponde un coste del combustible del orden de 30 cts/kwh.

36.- En estas condiciones, un trabajo presentado por Molina y Pascual (2) en la Sesión Parcial de Madrid de la Conferencia Mundial de la Energía, establece que en las condiciones españolas la energía nuclear será competitiva en España para centrales nucleares que entren en funcionamiento entre los años 1968-70. Por tanto, puede establecerse que para 1975 estarán en funcionamiento en nuestro país de 5 á 6 centrales nucleares con una producción total del orden de 10 a 12.000 millones de kwh.

37.- Finalmente, existe otro factor que valora el desarrollo de la energía nuclear, no solamente en España sino también en otros muchos países. Hemos señalado ya lo que puede representar en la industrialización del país, pero hay que tener en cuenta que los desarrollos que se han realizado para la energía nuclear pueden ser útiles también para otras ramas de la técnica. Por otra parte, las realizaciones alcanzadas en un campo nuevo, como es el de la energía nuclear, han hecho considerar, en muchos casos, la posibilidad de poder aplicar los mismos medios en otros campos y han creado un ambiente propicio para los trabajos de investigación y desarrollo en ellos.

---

(1) La Energía en España. Evolución y perspectivas 1945-75. Ministerio de Industria, Madrid (Septiembre 1961).

(2) Molina J. y Pascual F., Incorporación de la energía de origen nuclear al abastecimiento eléctrico español y su desarrollo. Trabajo V/13, Conferencia Mundial de la Energía, Sesión Parcial de Madrid (junio 1960).

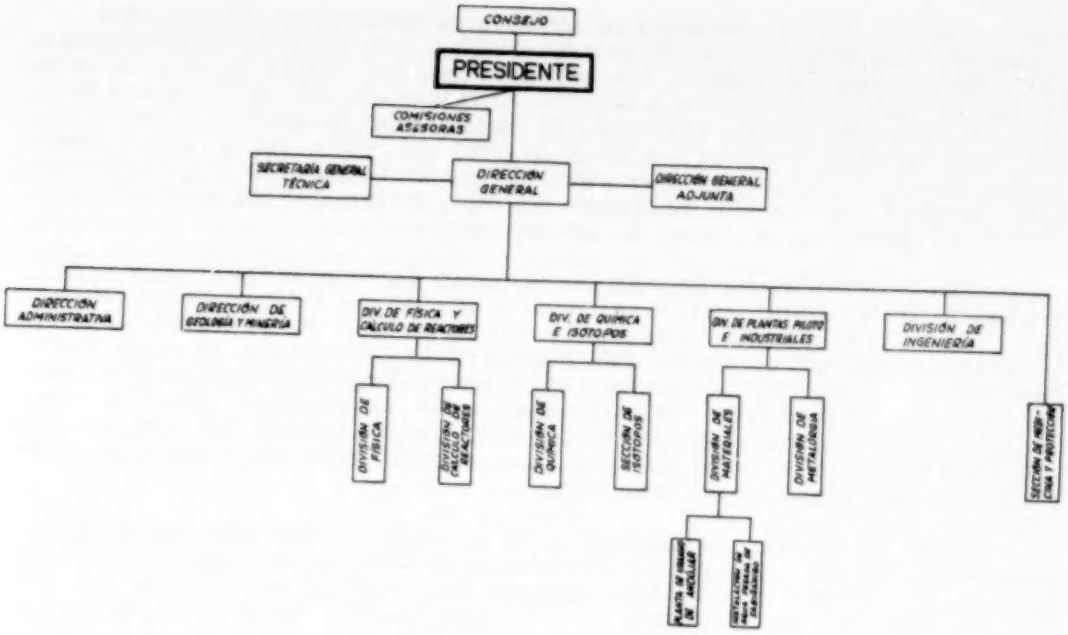
CONSEJO
PRESIDENTE
COMISIONES ASESORAS
SECRETARIA GENERAL TÉCNICA
DIRECCIÓN GENERAL
DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DIV. DE FÍSICA Y CÁLCULO DE REACTORES
DIV. DE QUÍMICA E ISÓTOPOS
DIV. DE PLANTAS PILOTO E INDUSTRIALES
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE FÍSICA
DIVISIÓN DE CÁLCULO DE REACTORES
DIVISIÓN DE QUÍMICA
SECCIÓN DE ISÓTOPOS
DIVISIÓN DE MATERIALES
DIVISIÓN DE METALURGIA
SECCIÓN DE HIDRÁULICA Y PROYECTOS
PLANTA DE URANIO DE ANCHUAS
INSTALACIÓN DE PLANTA PILOTO DE CONCENTRACIÓN

Fig. I

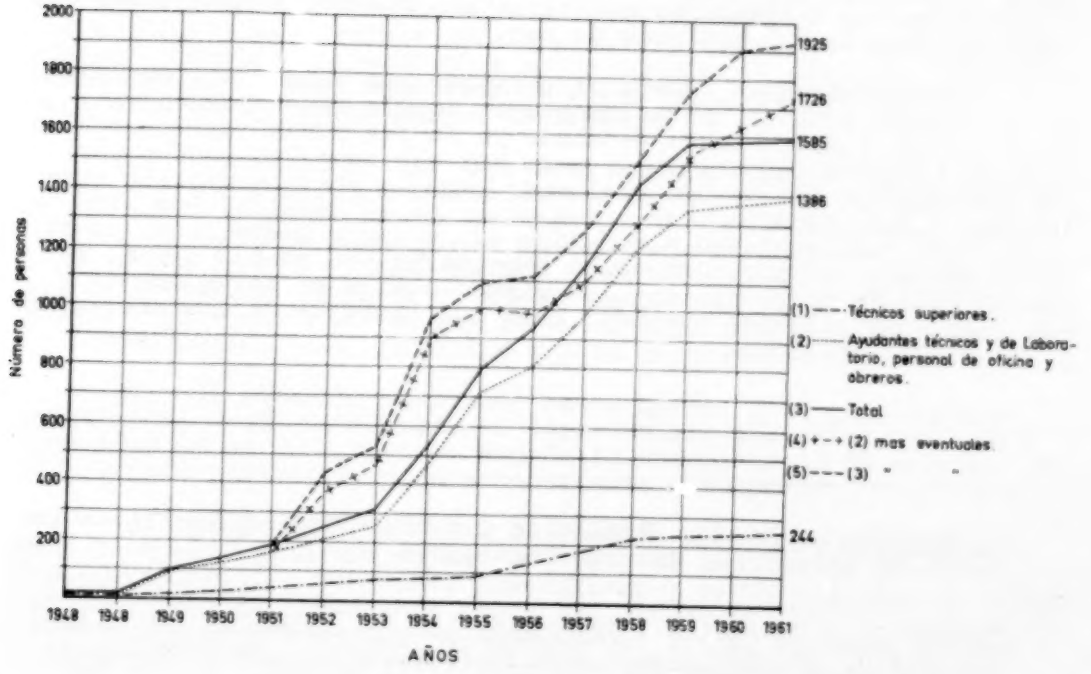
Número de personas
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
AÑOS
1925
1726
1585
1386
244
(1) Técnicos superiores.
(2) Ayudantes técnicos y de Laboratorio, personal de oficina y obreros.
(3) Total
(4) (2) mas eventuales
(5) (3) " "

Fig. II

1014 S - Nov. 1962 - 600